

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003047839 A**

(43) Date of publication of application: **18.02.03**

(51) Int. Cl.

B01J 19/00
B01F 5/00
B01F 15/06
G01N 31/20
G01N 37/00

(21) Application number: **2001237842**

(71) Applicant: **YAMATAKE CORP**

(22) Date of filing: **06.08.01**

(72) Inventor: **HONDA NOBUAKI**

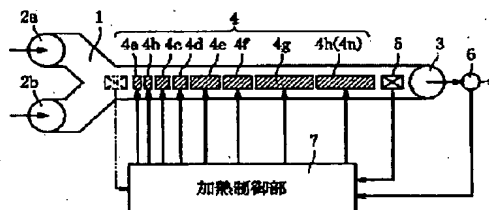
(54) **MICRO REACTOR**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a micro reactor capable of stably achieving a chemical reaction (micro chemical reaction) in a micro channel according to the velocity and flow rate of a fluid that flows through the micro channel.

SOLUTION: A plurality of micro heaters 4 are disposed in a micro channel 1 forming a fluid conduction passage along the fluid conduction direction and a prescribed number of micro heaters sequential in the fluid conduction direction in the micro channel among the micro heaters are selectively electrified with a heater control section 7. Each of the micro heaters has a length equal to integral multiples of a previously set unit length and the micro heaters are arranged in the order of increasing length along the fluid conduction direction of the micro channel.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-47839

(P2003-47839A)

(43) 公開日 平成15年2月18日 (2003.2.18)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	7-73-1 (参考)
B 0 1 J 19/00		B 0 1 J 19/00	Z 2 G 0 4 2
B 0 1 F 5/00		B 0 1 F 5/00	D 4 G 0 3 5
	15/08		Z 4 G 0 3 7
G 0 1 N 31/20		G 0 1 N 31/20	4 G 0 7 5
37/00	1 0 1	37/00	1 0 1
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)			
(21) 出願番号	特願2001-237842(P2001-237842)		
(22) 出願日	平成13年8月6日 (2001.8.6)		
(71) 出願人	000006868 株式会社山武 東京都渋谷区渋谷2丁目12番10号		
(72) 発明者	本田 宜昭 東京都渋谷区渋谷2丁目12番10号 株式会 社山武内		
(74) 代理人	100090022 弁理士 長門 健二		

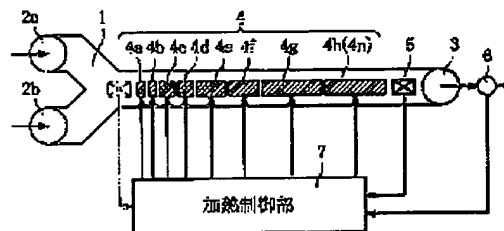
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロリアクタ

(57) 【要約】

【課題】 マイクロチャネルを流れる流体の速度や流量に応じて、該マイクロチャネルにおける化学反応（マイクロ化学反応）を安定に実現することのできるマイクロリアクタを提供する。

【解決手段】 流体の通流路をなすマイクロチャネル1に、その流体通流方向に沿って複数のマイクロヒータ4を設け、ヒータ制御部7により複数のマイクロヒータ中のマイクロチャネルにおける流体通流方向に連続している所定数のマイクロヒータを選択的に通電する。また複数のマイクロヒータを、予め設定された単位長の整数倍の長さをそれぞれ有するものとし、マイクロチャネルの流体通流方向に沿ってその長さが列順に長くなるように配列する。



(2)

特開2003-47839

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 流体の通流路をなすマイクロチャネルと、

このマイクロチャネルの流体通流方向に沿って配設された複数のマイクロヒータと、

これらの複数のマイクロヒータ中の前記マイクロチャネルにおける流体通流方向に連続している所定数のマイクロヒータを選択的に通電するヒータ制御部とを具備したことを特徴とするマイクロリアクタ。

【請求項2】 前記マイクロチャネルにそれぞれ設けられる複数のマイクロヒータは、予め設定された単位長の整数倍の長さをそれぞれ有するものであって、前記マイクロチャネルの流体通流方向に沿って、その長さが順に長くなるように配列されることを特徴とする請求項1に記載のマイクロリアクタ。

【請求項3】 前記ヒータ制御部は、前記マイクロチャネルに導かれる流体の流速に応じて選択的に通電するマイクロヒータを制御するものである請求項1に記載のマイクロリアクタ。

【請求項4】 請求項1に記載のマイクロリアクタにおいて、

更に前記マイクロチャネルに配設されたマイクロ温度センサを備えることを特徴とするマイクロリアクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、所定の反応条件下での微小空間における化学反応（マイクロ化学反応）を安定に実現することのできるマイクロリアクタに関する。

【0002】

【関連する背景技術】マイクロリアクタは、微小な流路断面積の流体通流路を形成したマイクロチャネルに反応性のある2種類またはそれ以上の流体（液体または気体）を導き、これらの流体を互いに接触させることでマイクロ化学反応を生起するものである。このようなマイクロリアクタは、例えばバイオ・ケミカル反応を伴う特定物質の検出や、マイクロ領域（微小空間）での化学反応メカニズムの分析、更には化学物質の製造等に用いられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところでマイクロ化学プラントで用いられる複数のマイクロリアクタは、一般的には、その反応系を制御するフロー系内にそれぞれ組み込まれる。ちなみに上記フロー系の制御は、例えば系全体の流量をモニタしながら、ポンプ等により生じられる流体圧力を制御することにより実現される。この為、系全体の流量が決定されるものの、複数のマイクロリアクタをそれぞれ通流する流体の流量（流速）を個々に設定することが困難である。換言すれば、各マイクロリアクタにおける流量（流速）は、専ら、そのフロー系全体

における他の制約条件によって決定される。

【0004】すると複数のマイクロリアクタにおけるマイクロ化学反応が、その流量（流速）によって互いに異なることが否めない。即ち、各マイクロリアクタにおける流量（流速）が異なると、各マイクロリアクタにおける流体の滞留時間が変化することになり、例えばマイクロチャネルに流れる流体の速度が速いと該流体のマイクロチャネル内での滞留時間が短くなるので、十分なマイクロ化学反応を生起することができなくなる。特にマイクロチャネルに組み込んだヒータを用いて該マイクロチャネルに供給された流体を加熱しながらマイクロ化学反応を生起するような場合、ヒータによる流体の加熱量（加熱時間）がその流速によって変化し、十分な反応が生じなくなる虞がある。

【0005】そこで各マイクロリアクタを上記フロー系内での各部の仕様（流量）に応じて個々に設計することが考えられる。しかしながら前記フロー系の各部における流量（流速）に応じた複数のマイクロリアクタを設計し、製作することはコストの面からも非現実的である。またマイクロリアクタ（マイクロチャネル）に目詰まり等の不具合が生じて流体の通流が妨げられ、その流速が変化することも考えられる。従ってマイクロチャネルに供給される流体の速度や流量、ひいては流体のマイクロチャネル内での滞留時間に拘わることなしに、流体の化学反応を十分安定に生起させるに適したマイクロリアクタの開発が望まれている。

【0006】本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、その目的は、マイクロチャネルを流れる流体の速度や流量に応じてマイクロヒータ内での流体の化学反応時間（化学反応を生起する領域長）を制御することができ、該マイクロチャネルにおける化学反応（マイクロ化学反応）を安定に実現することのできるマイクロリアクタを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するべく本発明は、マイクロチャネル内における加熱領域の長さを変化させることで、該マイクロチャネルの上記加熱領域を流体が通過するに要する時間、換言すれば化学反応領域（加熱領域）における流体の滞留時間を一定化し、これによってマイクロチャネルを流れる流体の速度や流量に関わることなく安定したマイクロ化学反応環境を実現することを特徴としている。

【0008】そこで本発明に係るマイクロリアクタは、流体の通流路をなすマイクロチャネルの流体通流方向に沿って複数のマイクロヒータを配設し、ヒータ制御部においては、上記複数のマイクロヒータ中の前記マイクロチャネルにおける流体通流方向に連続している所定数のマイクロヒータを選択的に通電することを特徴としている。

【0009】本発明の好ましい態様は、請求項2に記載

(3)

特開2003-47839

3

するように前記マイクロチャネルにそれぞれ設けられる複数のマイクロヒータを、予め設定された単位長の整数倍の長さをそれぞれ有するものとし、これらのマイクロヒータを前記マイクロチャネルの流体通流方向に沿って、その長さが順に長くなるように配列することを特徴とする。そして請求項3に記載するように前記ヒータ制御部においては、前記マイクロチャネルに導かれる流体の流速に応じて選択的に通電するマイクロヒータを制御して、該マイクロヒータによる加熱領域長およびその発熱量を可変するように構成される。

【0010】また本発明に係るマイクロリアクタは、更に前記マイクロチャネルに配設されたマイクロ温度センサを備えることを特徴としている。そしてこのマイクロ温度センサにより検出されるマイクロチャネルの温度に応じて、前記ヒータ制御部によるマイクロヒータの発熱量を制御するように構成される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態に係るマイクロリアクタについて説明する。図1は、この実施形態に係るマイクロリアクタの基本的な概略構成を示す図である。このマイクロリアクタは、例えばSi半導体基板をベースとし、マイクロマシンング技術を用いて上記Si半導体基板上に流体の通流路をなすマイクロチャネル1を形成して実装される。このマイクロチャネル1は、例えば2つのインレット2a、2bと1つのアウトレット3とを結ぶ所定の流路断面の液体通流路を形成したもので、インレット2a、2bからそれぞれ入力される被検出流体と反応試薬とを混合してマイクロ反応を生じさせた後、その反応液をアウトレット3から排出する役割を担う。

【0012】しかしてこのマイクロチャネル1には、複数のマイクロヒータ4（4a、4b、～4n）が、その流体通流方向に沿って配設されている。これらのマイクロヒータ4a、4b、～4nは、前記Si半導体基板上にSiO₂等からなる絶縁性薄膜を介して設けられる、例えば厚みが1μm程度の白金（Pt）薄膜からなり、予め設定された単位長の整数倍の長さをそれぞれ有するもので、マイクロチャネル1を通流する流体を加熱する役割を担う。特にこれらのマイクロヒータ4a、4b、～4nはマイクロチャネル1の流体通流方向に沿って、例えばその上流側から下流側に向けて、その長さが順に長くなるように配列されている。

【0013】尚、各マイクロヒータ4a、4b、～4nは、具体的には図2に例示するように所定幅の白金（Pt）薄膜導体をミランダ状に蛇行させたものからなり、所定の折り返し部位毎に電極リードを取り出すことで、ヒータ長（発熱領域長）の異なる複数のマイクロヒータ4a、4b、～4nに区分した構造を有する。そしてこれらのマイクロヒータ4a、4b、～4nは、上記電極リード中を2つの選択することでその通電区間が特定され、

4

後述するようにマイクロチャネル1における流体通流方向に連続している所定数のマイクロヒータ4だけが選択的に発熱駆動されるものとなっている。

【0014】また前記マイクロチャネル1には、白金（Pt）からなるマイクロ温度センサ5が配設されており、このマイクロ温度センサ5によってマイクロチャネル1内を通流し、前記マイクロヒータ4a、4b、～4nによって加熱された流体の温度がモニタされるようになっている。このマイクロ温度センサ5についても、前述したマイクロヒータ4a、4b、～4nと同様に、所定幅の白金（Pt）薄膜導体をミランダ状に蛇行させたものとし、所定の折り返し部位毎に電極リードを取り出すことで、温度検出領域の異なる複数のマイクロ温度センサ5a、5b、～5nに区分した構造のものとすれば良い。

【0015】より具体的には、図3に示すように前述した如くミランダ状に蛇行して所定幅（幅広）の白金（Pt）薄膜導体を配設したマイクロヒータ4に沿って、マイクロ温度センサ5を配設するようにすれば良い。そして前記マイクロヒータ4a、4b、～4nがそれぞれ設けられた領域の温度を複数のマイクロ温度センサ5a、5b、～5nによりそれぞれ検出するようにすれば良い。

【0016】このような構造のマイクロ温度センサ5（5a、5b、～5n）によれば、マイクロチャネル1における全体的な温度（平均温度）や、マイクロヒータ4a、4b、～4nがそれぞれ設けられた領域の温度をそれぞれ容易に検出することが可能となる。尚、マイクロ温度センサ5をマイクロチャネル1の下流側や上流側に設け、該マイクロチャネル1に導かれる流体の入口側および出口側の温度をそれぞれ検出するように構成することも可能である。

【0017】一方、このマイクロリアクタにおいては、前記アウトレット3に接続してフローセンサ6が設けられており、このフローセンサ6によりマイクロチャネル1を介して通流する流体の速度や流量がモニタされている。そして加熱制御部（ヒータ制御部）7は、前記マイクロ温度センサ5（5a、5b、～5n）により検出される流体の温度、更には前記フローセンサ6により検出される流体の速度や流量に応じて上述した複数のマイクロヒータ4a、4b、～4nを選択的に通電して発熱駆動し、これによってマイクロチャネル1を流れる流体に与える熱量を制御する役割を担う。

【0018】尚、ここではSi半導体基板をベースとしてマイクロチャネル1を形成するものとしているが、Al材やSU-8銅等の金属ベースでマイクロチャネル1を形成することも可能である。但し、この場合には金属ベース上に薄膜絶縁体層を介して前述した複数のマイクロヒータ4a、4b、～4nやマイクロ温度センサ5をそれぞれ配設形成してマイクロチャネル1に集積化するようにすれば良い。

【0019】ここで上述した如くマイクロチャネル1

特開2003-47839

(4)

5

に、その流体通流方向に沿って配設した複数のマイクロヒータ4a,4b,~4nと、これらのマイクロヒータ4a,4b,~4nの前記加熱制御部7による選択的な通電による発熱駆動について今少し詳しく説明する。前述した複数のマイクロヒータ4a,4b,~4nは、発熱領域の単位長を[1]としてその整数倍の長さに設定された、例えば長さ[1]の2つのマイクロヒータ4a,4b、長さ[2]の2つのマイクロヒータ4c,4d、長さ[4]の2つのマイクロヒータ4e,4f、および長さ[8]の2つのマイクロヒータ4g,4hからなる。そしてこれら

10 の計8個のマイクロヒータ4a,4b,~4hは、マイクロチャンネル1の流体通流方向に沿ってその上流側から下流側に向けて、その長さが順に長くなるように直線状に配列されている。加熱制御部7は、これらのマイクロヒータ4a,4b,~4h中の、前記マイクロチャンネル1において流体通流方向に連続している所定数のマイクロヒータ4のまとまり毎に選択的に通電するもので、これによってマイクロチャンネル1におけるマイクロヒータ4による加熱領域（加熱ゾーン）の長さを調整するものとな

20 っている。尚、上述した複数のマイクロヒータ4a,4b,~4hを、マイクロチャンネル1の上流側から下流側に向けて、その長さが順に短くなるように直線状に配列することも可能である。

【0020】具体的には加熱制御部7は、1列に直線状に配列された8個のマイクロヒータ4a,4b,~4hの中から、マイクロチャンネル1の流体通流方向に連続している1個~8個のマイクロヒータ4のまとまりを、図4(a)~(v)に斜線を付して示すように選択的に抽出し、このマイクロヒータ4のまとまりを一括して通電すること

30 で、マイクロチャンネル1における加熱領域の長さを可変している。

【0021】そして長さ[1]の2つのマイクロヒータ4a,4bの一方だけを通電することで、図4(a)に示すように加熱領域の長さを[1]とし、また長さ[2]の2つのマイクロヒータ4c,4dの一方だけを通電することで、図4(b)に示すように加熱領域の長さを[2]としている。更には互いに隣接する長さ[1]のマイクロヒータ4bと長さ[2]のマイクロヒータ4cの2個を1つのまとまりとし、これらのマイクロヒータ4b,4cを一括して通電することで、図4(c)に示すように加熱領域の

40 長さを[3]とし、また互いに隣接する長さ[2]のマイクロヒータ4c,4dの2個を1つのまとまりとし、これらのマイクロヒータ4c,4dを一括して通電することで、図4(d)に示すように加熱領域の長さを[4]としている。

【0022】更に加熱制御部7は、マイクロチャンネル1の流体通流方向に連続している2個~8個のマイクロヒータ4のまとまりを選択的に抽出して通電することで、図4(e)~(v)にそれぞれ示すようにマイクロチャンネル1における加熱領域の長さを[5],[6]~[30]として

50

6

選択的に設定するものとなっている。そして全体的には、加熱制御部7はマイクロチャンネル1における加熱領域の長さを、[1],[2],[3],[4],[5],[6],[8],[9],[10],[12],[13],[14],[16],[18],[20],[21],[22],[24],[26],[28],[29],[30]からなる22通りのパターンとして選択的に設定するものとなっている。

【0023】尚、図4(w)に示すように、長さ[1]のマイクロヒータをマイクロヒータ4a,4bの間に2つ追加し、長さ[1]のマイクロヒータを4個連続させて設けておけば、[7],[11],[15],[23]なる長さの加熱領域を設定することも容易である。またこの例においては特に図示しないが、更に長さ[1]のマイクロヒータを長さ[8]のマイクロヒータ4hの間に1個追加すれば、[25],[27]なる長さの加熱領域を設定することも可能となる。

【0024】このようにしてマイクロチャンネル1に、その流体通流方向に沿って配列された複数のマイクロヒータ4を選択的に通電し、これによって該マイクロチャンネル1における加熱領域の長さを調整し得るように構成されたマイクロリアクタによれば、複数のマイクロヒータ4の選択的な通電制御だけでマイクロチャンネル1に供給された流体に与える熱量を簡単に調整することができる。特にマイクロチャンネル1を流れる流体の速度やその流量に応じて複数のマイクロヒータ4を選択的に通電制御すれば、これによって上記流体に与える熱量を一定化することも可能である。

【0025】具体的にはマイクロチャンネル1を流れる流体の速度が遅く、マイクロチャンネル1における流体の滞留時間が長いような場合には、マイクロヒータ4による加熱領域を短くし、また流体の速度が速く、マイクロチャンネル1における流体の滞留時間が短いような場合には、マイクロヒータ4による加熱領域を長く設定することで、その通流速度（滞留時間）に拘わることなく単位体積当たりの流体に与える熱量を一定化することが可能となる。

【0026】ちなみにマイクロリアクタ（マイクロチャンネル1）を流れる流体の流量と、その圧損をモニタすれば、マイクロチャンネル1内における流体（反応物質）の実流速を求めることが可能となる。そこでこの実流速に基づいてマイクロヒータ4がなす加熱領域の長さを上述したように調整すれば、マイクロチャンネル1を流れる流体（反応物質）が所定の時間に亘って上記加熱領域内に保持されることになる。つまり流体（反応物質）が所定時間を掛けてマイクロヒータ4がなす加熱領域を通過することになるので、ここに最適なマイクロ反応を生起することが可能となる。

【0027】この際、マイクロチャンネル1の下流側に設けた、或いはマイクロヒータ4に沿って設けたマイクロ温度センサ5により検出される流体の温度に応じて前記

(5)

特開2003-47839

7

8

加熱制御部7により選択的に通電するマイクロヒータ4をフィードバック制御すれば、これによって上記流体の温度を容易に一定化することができる。またマイクロチャンネル1の上流側に設けたマイクロ温度センサにより検出される流体の温度に応じて前記加熱制御部7により選択的に通電するマイクロヒータ4をフィードフォワード制御しても、上記流体の温度を容易に一定化することができる。

【0028】ところで複数のマイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)を並列に設けてマイクロリアクタを構成する場合に、例えば図5に示すように各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)毎に、先に実施形態と同様に複数のマイクロヒータ4(4a, 4b, ~4n)をその流体通流方向に沿ってそれぞれ配設するようにすれば良い。この場合には、例えば各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)にそれぞれ配設された所定数のマイクロヒータ4(4a, 4b, ~4n)を、特にその配列位置を同じくするもの同士を前記各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)間で共通に接続して所定数のマイクロヒータ群を形成する。そして加熱制御部7においては、これらの各マイクロヒータ群をそれぞれ1つの通電単位とすることで前記各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)にそれぞれ配設された複数のマイクロヒータ4を共通に通電制御するように構成される。

【0029】この際、加熱制御部7は、前記各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)において、その流体通流方向にそれぞれ連続している所定数のマイクロヒータ4を一括して通電するべく、前記各マイクロヒータ4がなす所定数のマイクロヒータ群を選択的に通電するものとなっている。これにより各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)における所定数のマイクロヒータ4が先の実施形態と同様に通電され、各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)での加熱領域の長さがそれぞれ設定される。

【0030】従ってこのように複数のマイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)を並列に設けたマイクロリアクタにおいても、各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)での加熱領域の長さを調整することができるので、例えばマイクロ化学プラントにおける反応系の制御を司るポンプ等のフロー制御系の制御動作に応じて、マイクロヒータ4による流体の加熱時間を最適に調整することが可能となる。故に、並列に設けた複数のマイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)を用いて流体のマイクロ反応を大量に生起する場合であっても、各マイクロチャンネル1(1A, 1B, ~1N)における流体の反応環境を一括して安定に最適化することができるという利点がある。

【0031】また上述した如く構成されたマイクロリア

クタによれば、仮にマイクロチャンネル1に目詰まりが生じた場合であっても、目詰まりに伴う流速の変化に応じてマイクロヒータ4による加熱領域の長さを調整すればよいので、目詰まりが生じる都度、マイクロリアクタを交換する必要がなく、マイクロリアクタを長時間に亘って運転することが可能である。従ってマイクロ化学プラントにおけるランニングコストを低減することができ、更にはマイクロ化学プラント自体の設計の自由度を高めて、その設計コストを大きく削減し得る等の効果も奏せられる。

【0032】尚、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。例えばマイクロチャンネル1をその流体通流方向に区分して設定される加熱領域(ヒータ4)の数や、その加熱領域の長さは、マイクロリアクタ(マイクロチャンネル)の仕様に依りて定めれば良いものである。また複数のマイクロチャンネル1の数や、その配列形態についても種々変形可能なものであり、要は本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、マイクロチャンネルにおける流体通流方向に沿って配設された複数のマイクロヒータを備え、これらのマイクロヒータを共通加熱制御してマイクロチャンネルにおける加熱領域の長さを制御するので、所定の反応条件下での微小空間における化学反応(マイクロ化学反応)を安定に実現することができる。しかも簡易な構成で加熱領域長およびその加熱量の制御性の高いマイクロリアクタを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るマイクロリアクタの概略構成図。

【図2】マイクロチャンネルに組み込まれるマイクロヒータの例を示す図。

【図3】マイクロチャンネルに組み込まれるマイクロ温度センサの例を示す図。

【図4】図1に示すマイクロリアクタにおける加熱領域の長さ制御の形態を示す図。

【図5】本発明の第2の実施形態に係るマイクロリアクタの概略構成図。

【符号の説明】

1(1A, 1B, ~1N) マイクロチャンネル

2a, 2b インレット

3 アウトレット

4(4a, 4b, ~4n) マイクロヒータ

5 マイクロ温度センサ

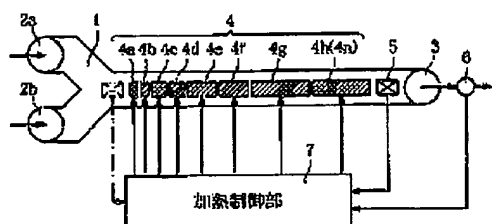
6 フローセンサ

7 加熱制御部(ヒータ制御部)

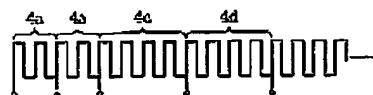
(6)

特開2003-47839

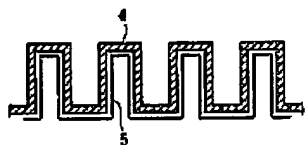
【図1】



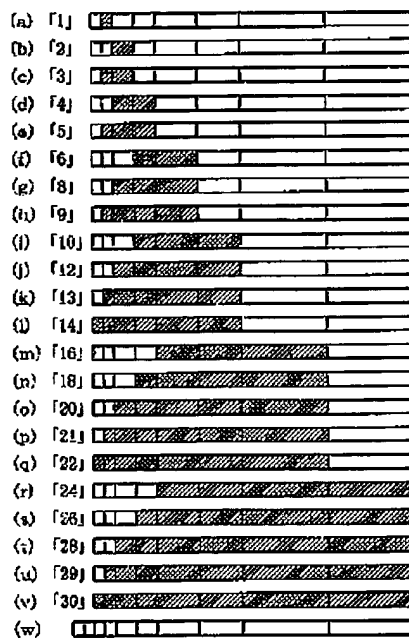
【図2】



【図3】



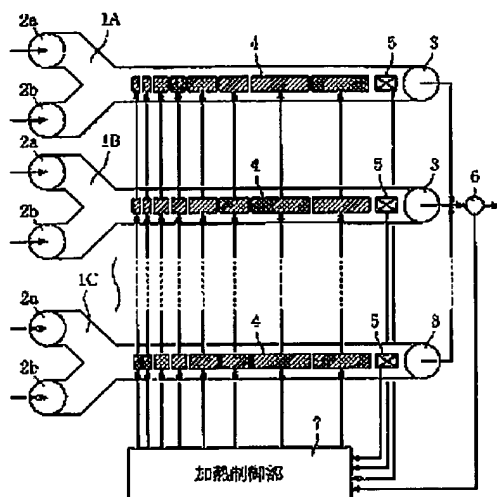
【図4】



(7)

特開2003-47839

【図5】



フロントページの続き

```
Fターム(参考)  ZGG42  AA01  CB03  GA01  HA05  HA07
                   HA10
                   4GG35  AC01  AE02  AE15
                   4GG37  CA11  CA18  EA01
                   4GG75  AA39  AA63  BA05  BD15  CA02
                   DA03  EA05
```